TDU_Future_AIR

TOKYO DENKI UNIV.

未来を創造する
ロボット・メカトロニクス技術

東京電機大学　未来科学部
ロボット・メカトロニクス学科
畠山　省四朗

RMX
数学とデザイン

RMX（Robotics and Mechatronics）

PROJECT ATOM
100th Anniversary Tokyo Denki University

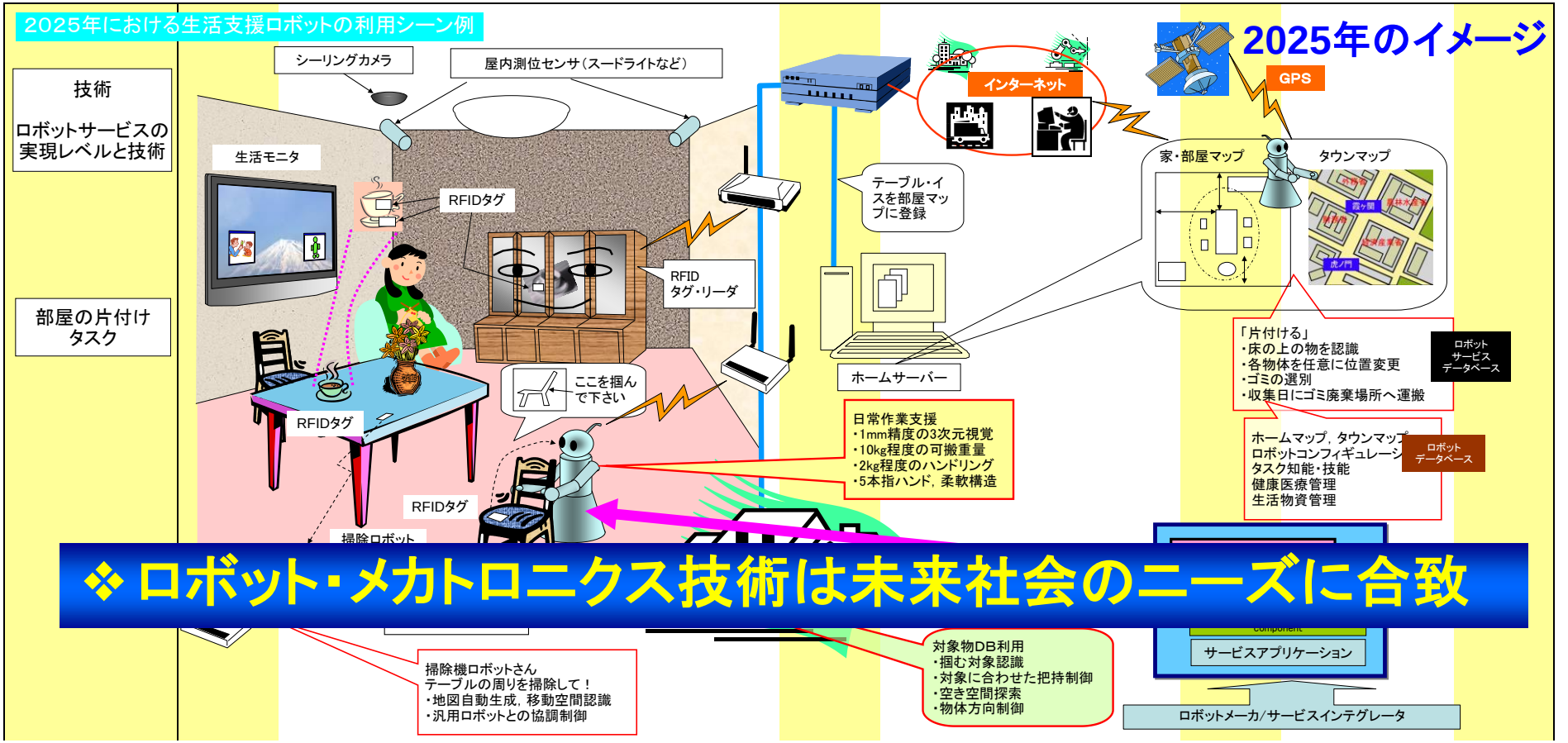
アウトライン

- ロボット・メカトロニクスとは？
  - メカトロニクスとは（機械工学と違うの）？
  - ハードディスクの話
- 大学のカリキュラム
  - ロボットコンテスト
  - ロボット・メカトロニクス分野で学ぶこと
- 事例紹介：ロボ・メカ技術の平和への貢献
  - 対人地雷探知・除去ロボット
- 模擬講義：ロボティクス
  - 3年生が実際に受けている講義を体験

資料映像：（株）ZMP提供

ロボット・メカトロニクスが築く快適な未来空間

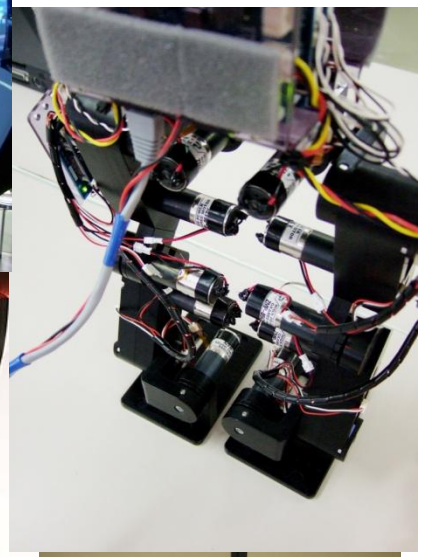
- ❖ 未来の生活環境を形成する「住空間」「知的空間」「動的空間」の創造
- ❖ 「ロボット・メカトロニクス」「情報メディア」「建築」の横断的連携が必須

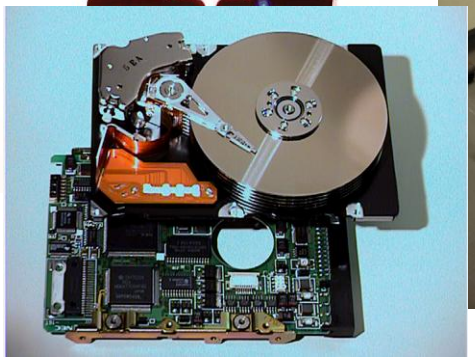


出展：ロボット分野の技術戦略マップ、経済産業省

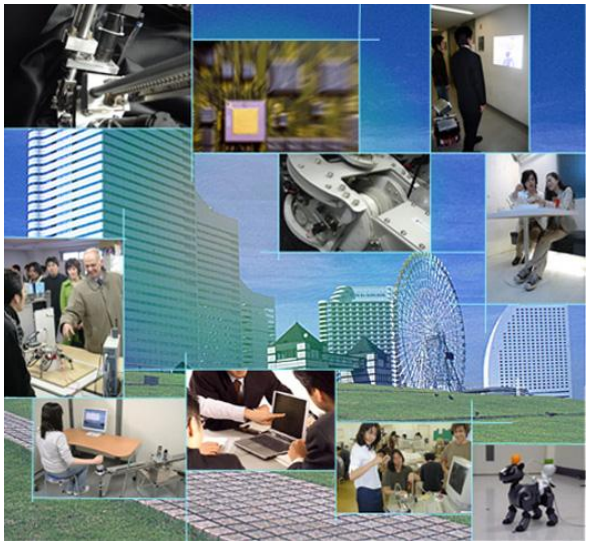
ロボット・メカトロニクスとは？

- 「ロボット」だけって思っていませんか？
  - もちろん、ロボティクスのプロフェッショナルに必須の専門です。
- バーチャルリアリティ、医療機器、自動改札、、コンピュータ・メカトロニクス、郵便機械、ビル清掃・メンテナンス等々。
  - 人間と触れ合うシステムは、全てメカトロニクス・システムです。
- 「それだけって！？」思っていませんか？





ロボット・メカトロニクスの可能性



全ての技術領域を俯瞰し、
社会に役立つあらゆるシステムを
創出できる専門分野

制御

反射・運動

快適な未来の居住空間
自動車・航空機・鉄道
社会インフラ・システム

可能性は
無限大！

電気・電子

神経

ロボット・メカトロニクス

Synergetic Integration

情報

知能

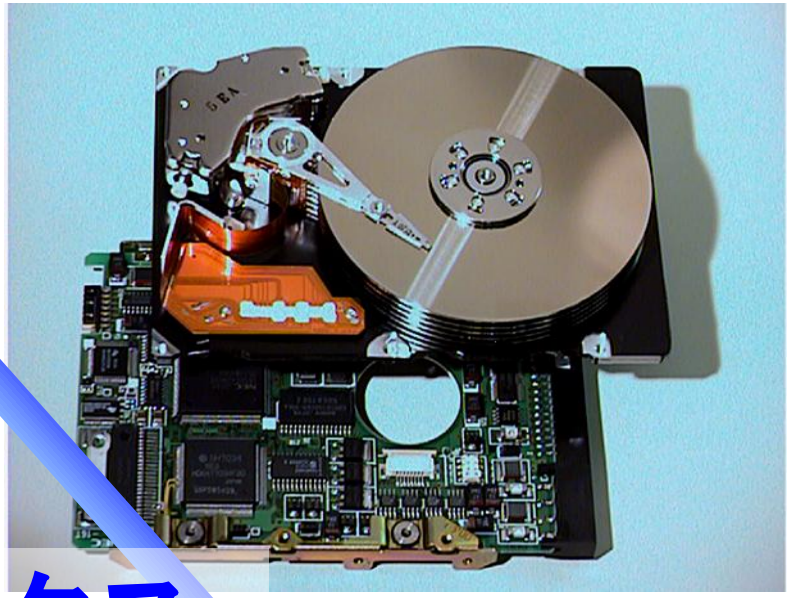
地雷の探知除去など
平和への貢献も！

機械

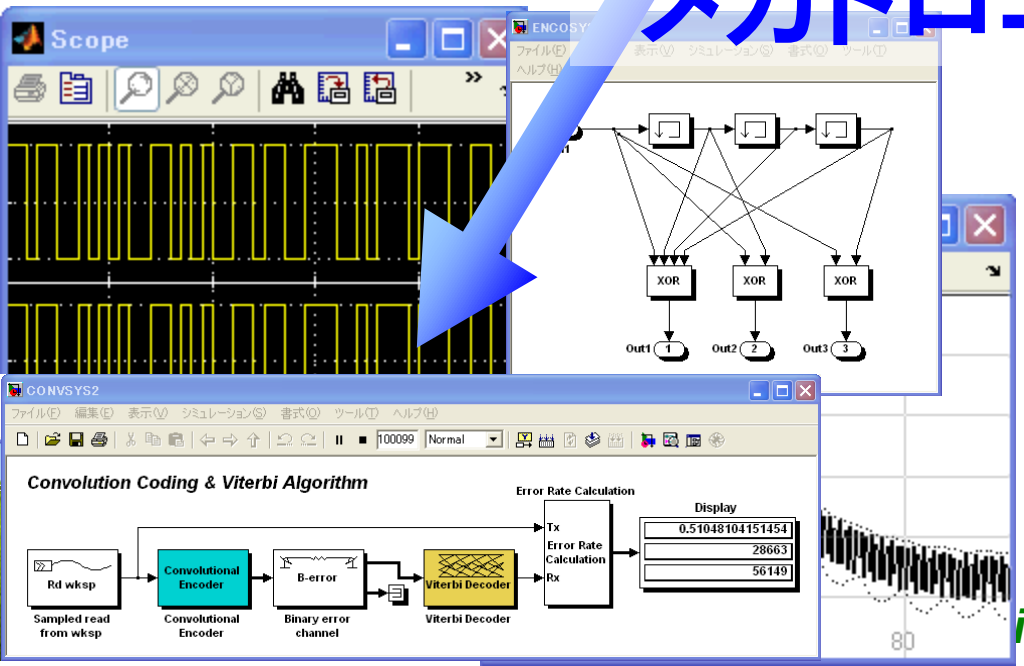
骨格

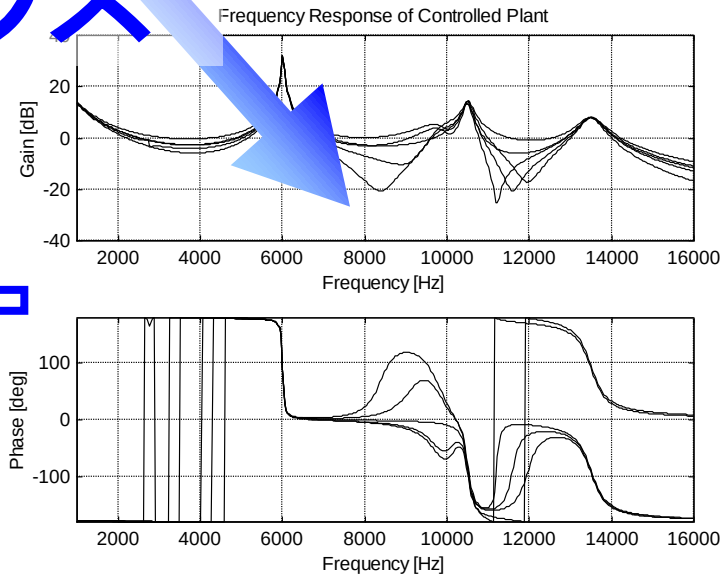
メカトロニクスとは：ハードディスクの事例から

- メカニクス
  - サスペンション、ディスク振動、アクチュエータ
- エレクトロニクス
  - 誤り訂正符号、PRML・VITERBI信号処理、リードライト・チャネル
- システム・インテグレーション
  - データ転送、エラーレート制御、熱設計、インタフェース



メカトロニクス

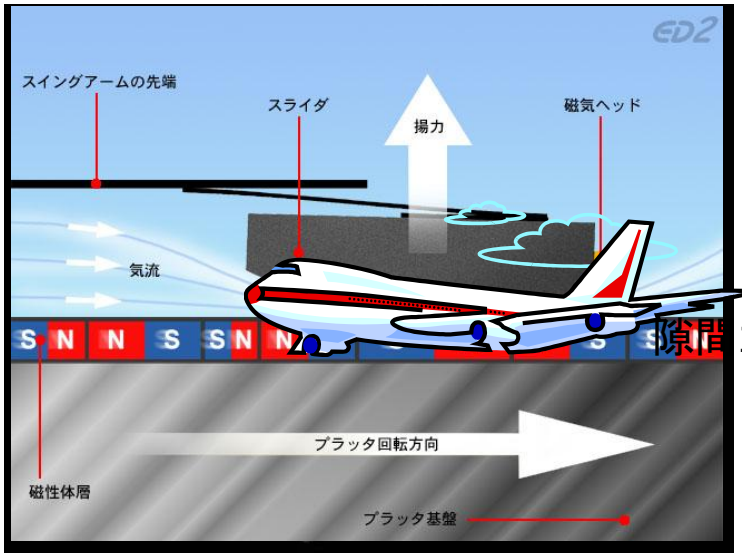




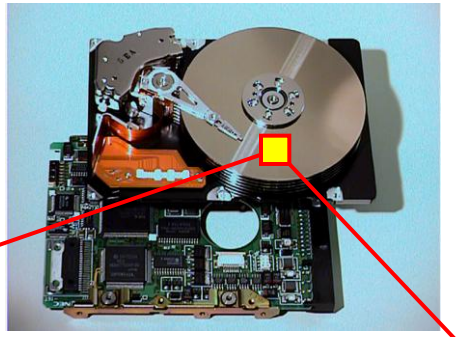
ハードディスクのすごい技術

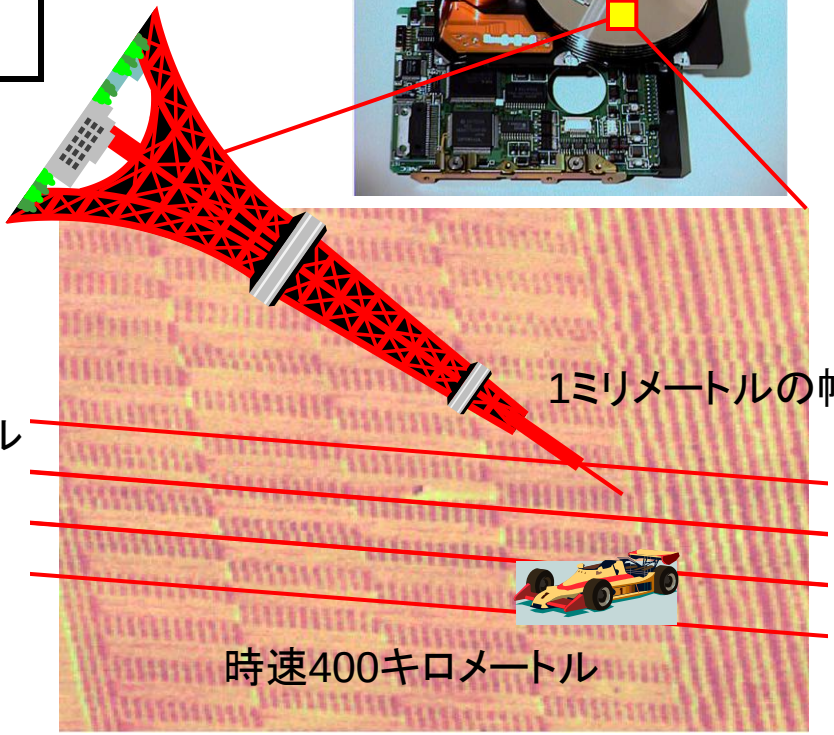
髪の毛の太さは
100マイクロメートル

トラック幅	250ナノメートル
ディスク回転数	毎分1万5千回転
ヘッド浮上量	10ナノメートル
データ転送率	毎秒100メガバイト

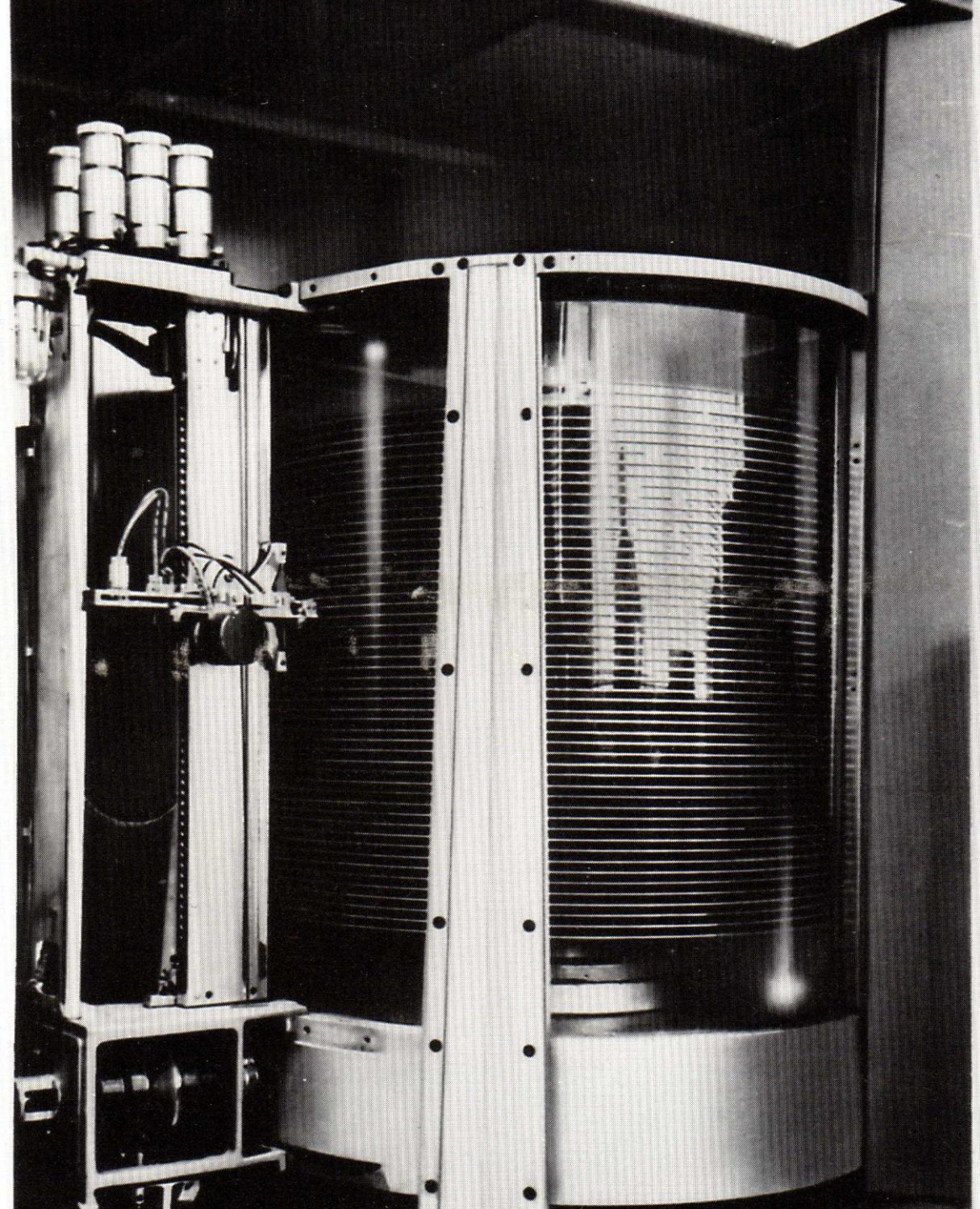


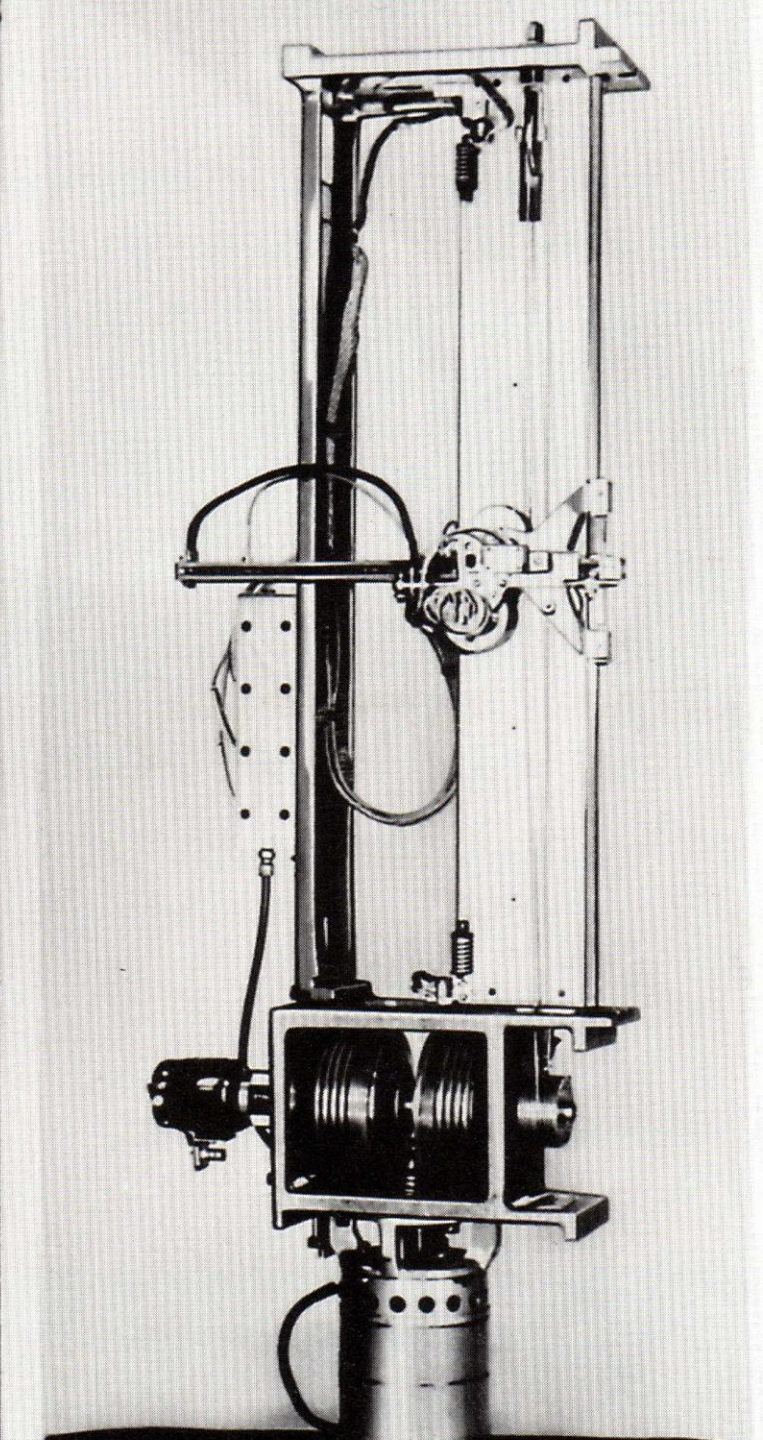
隙間 1ミリメートル





引用：平成13年度「教育用コンテンツ開発事業」
http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/index.html





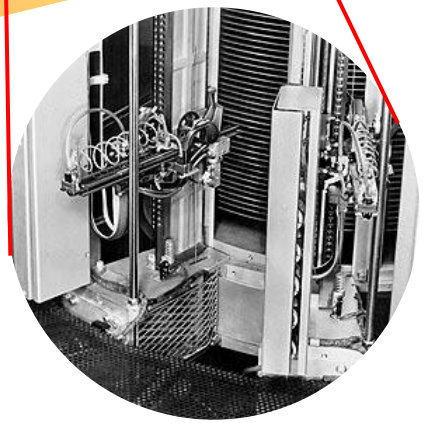
世界最初のハードディスク：
IBM 350 RAMAC* System

- 1956年、IBMが製品化
- 自動販売機の1.5倍くらいの大きさ
- 直径24インチのディスク50枚
- 容量は5MB

何と、2007年時点の最先端の

ハードディスクは、記録密度が

7,000万倍以上となっている。



*Random Access Memory Accounting

http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_350.html

ロボット・メカトロニクス分野で学ぶこと

TDU_Future_AIR

ロボメカ Robotics and Mechatronics

RMX
数学とデザイン

ロボット・メカトロニクス分野のカリキュラムの例

- 確かな**数学力**で実現力を！
- 基礎から徹底的に学ぶ**コンピュータ科目群**
- 専門科目を横断的に統合、相乗的に知識を伸ばす**コースワーク**
- **修士進学**も念頭に

TDU_Future_AIR　　ロボメカ Robo

事例紹介：ロボ・メカ技術の平和への貢献

- 地雷探知に関する要素技術の進展 -

地雷の形、硬さや部品に着目

- プロッダー
- 金属探知器
- 地中レーダー
- 赤外線カメラ
- 振動・音波

爆薬や関連物質を探知する

漏洩物質を検知

- イヌ、ラット、ブタ、ハチ
- 植物
- 人工嗅覚

爆薬自身を探知

- 核四極共鳴（NQR）
- 高速中性子励起（FNA）
- 熱中性子励起（TNA）

引用　Journal of Mine Action, Issue 7.3
HiEnergy Technologies, Inc. URL, http://www.hienergyinc.com/

模擬講義：ロボティクス（第4回）

運動学（リンクパラメータとリンク座標系：リンク機構を記述する）

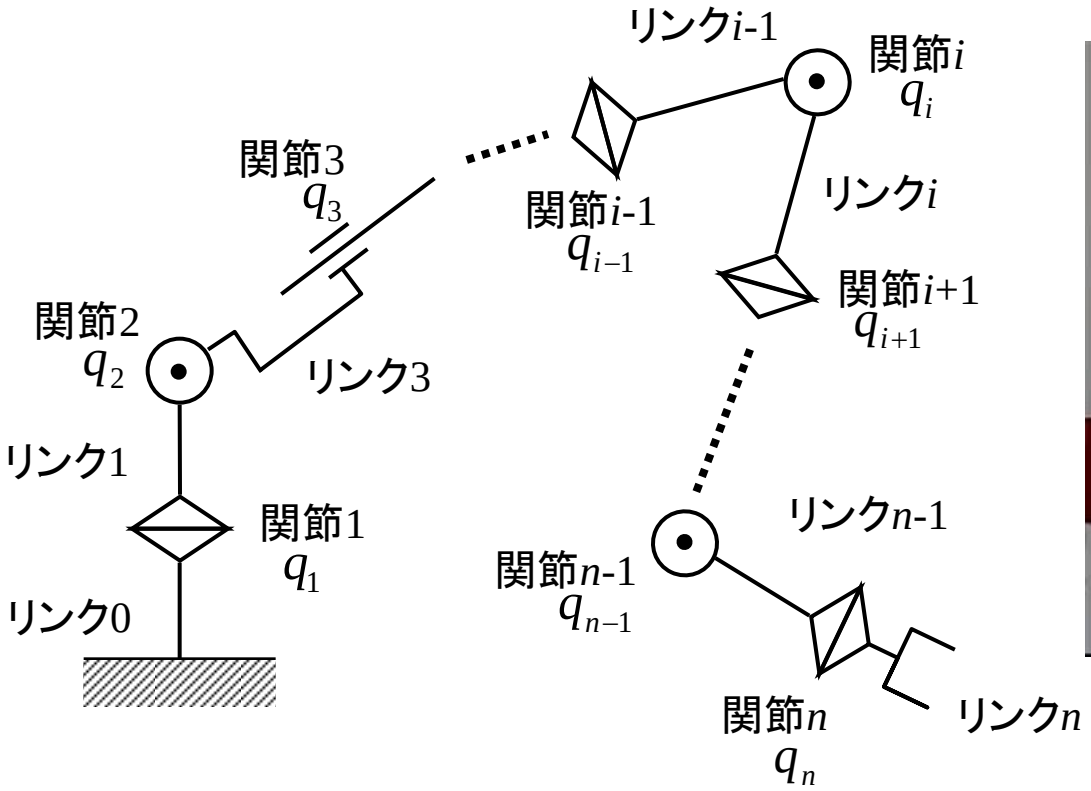
石川　潤　先生

3学年　後期集中　2単位　選択科目　R3

講義の流れ

1. 導入（ロボットの機構と制御）
2. 運動学（座標系：位置と姿勢を表現する）
3. 運動学（同次変換：変換行列で回転と並進を表現する）
4. **運動学（リンクパラメータとリンク座標系：リンク機構を記述する）**
5. 運動学（順運動学：関節変数から手先の位置と姿勢を求める）
6. 運動学（逆運動学：手先の位置と姿勢から関節変数を求める）
7. 運動学（ヤコビ行列：手先速度と関節速度の関係とは）
8. 力学基礎
9. 運動学（ヤコビ行列：手先に力をかけるには）
10. 動力学（ラグランジュ法で運動方程式を立てる）
11. 動力学（ニュートン・オイラー法で運動方程式を立てる）
12. 制御基礎

関節およびリンク番号と関節変数



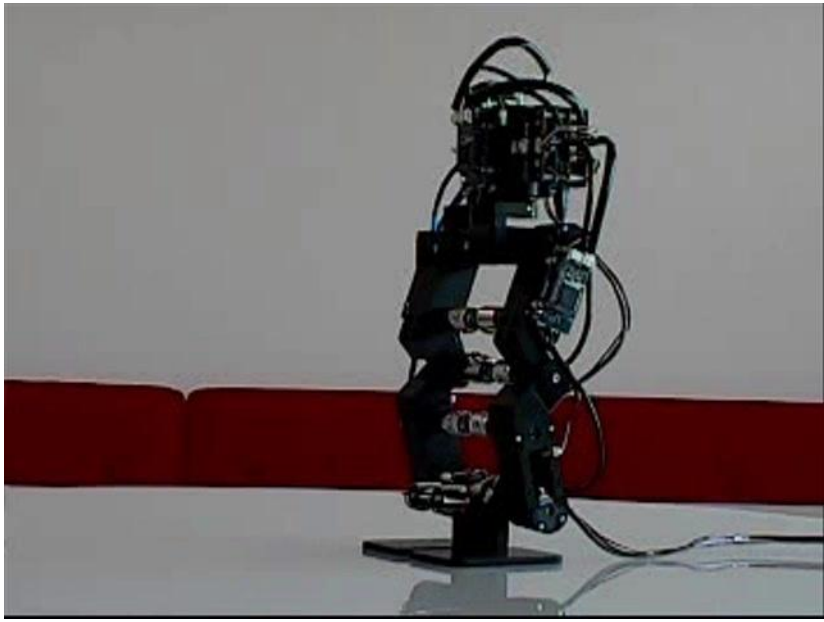
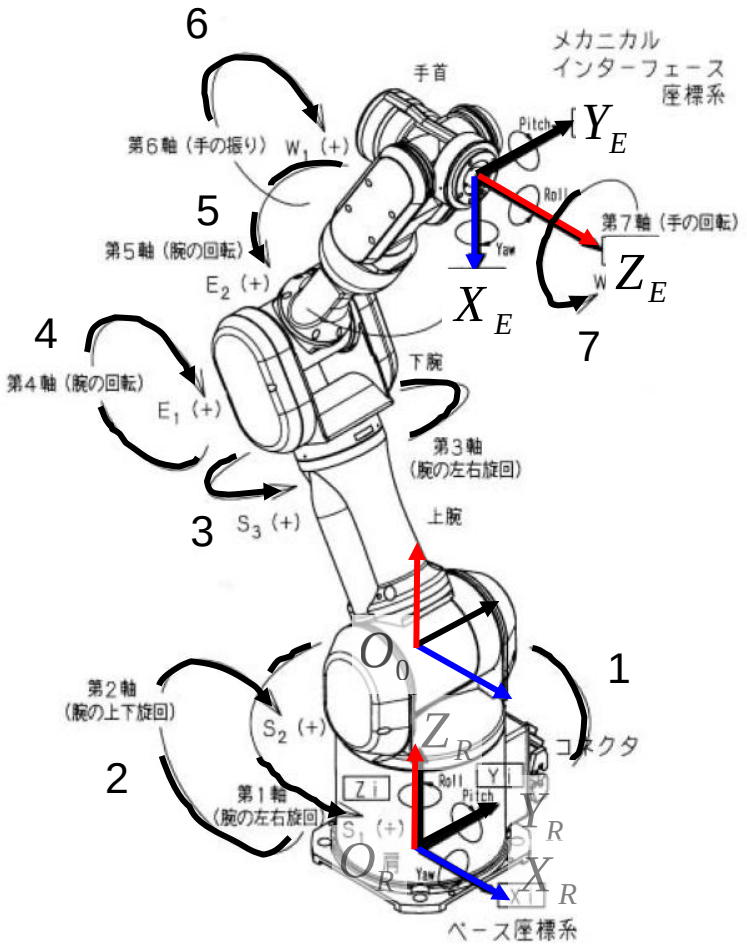
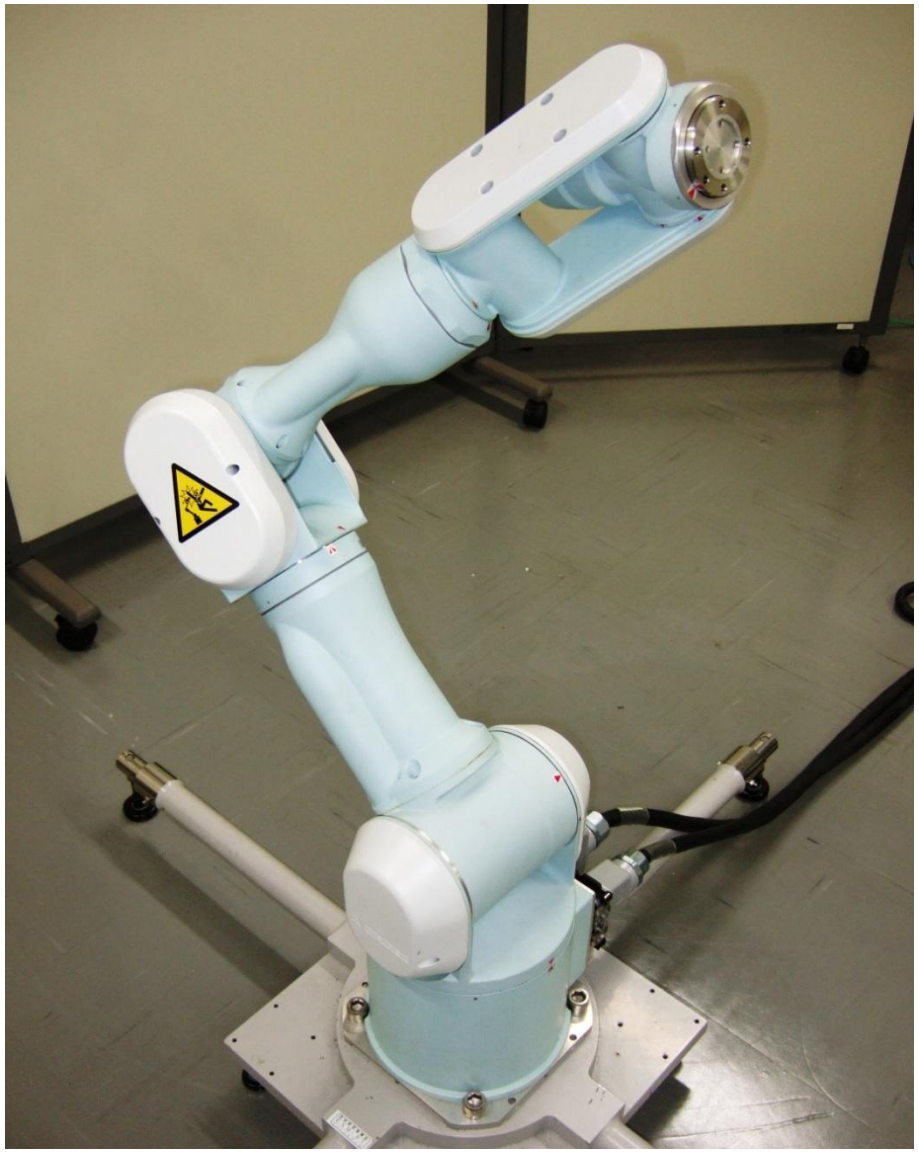


図4.1：関節とリンクの番号付け

例題：7自由度マニピュレータ

以下の7自由度アームのDH記法を求めよ。





図D5.1：7自由度アーム（三菱重工汎用ロボットPA10シリーズPA10-7C総合取扱説明書より）

リンクパラメータとDenavit-Hartenbergの記法

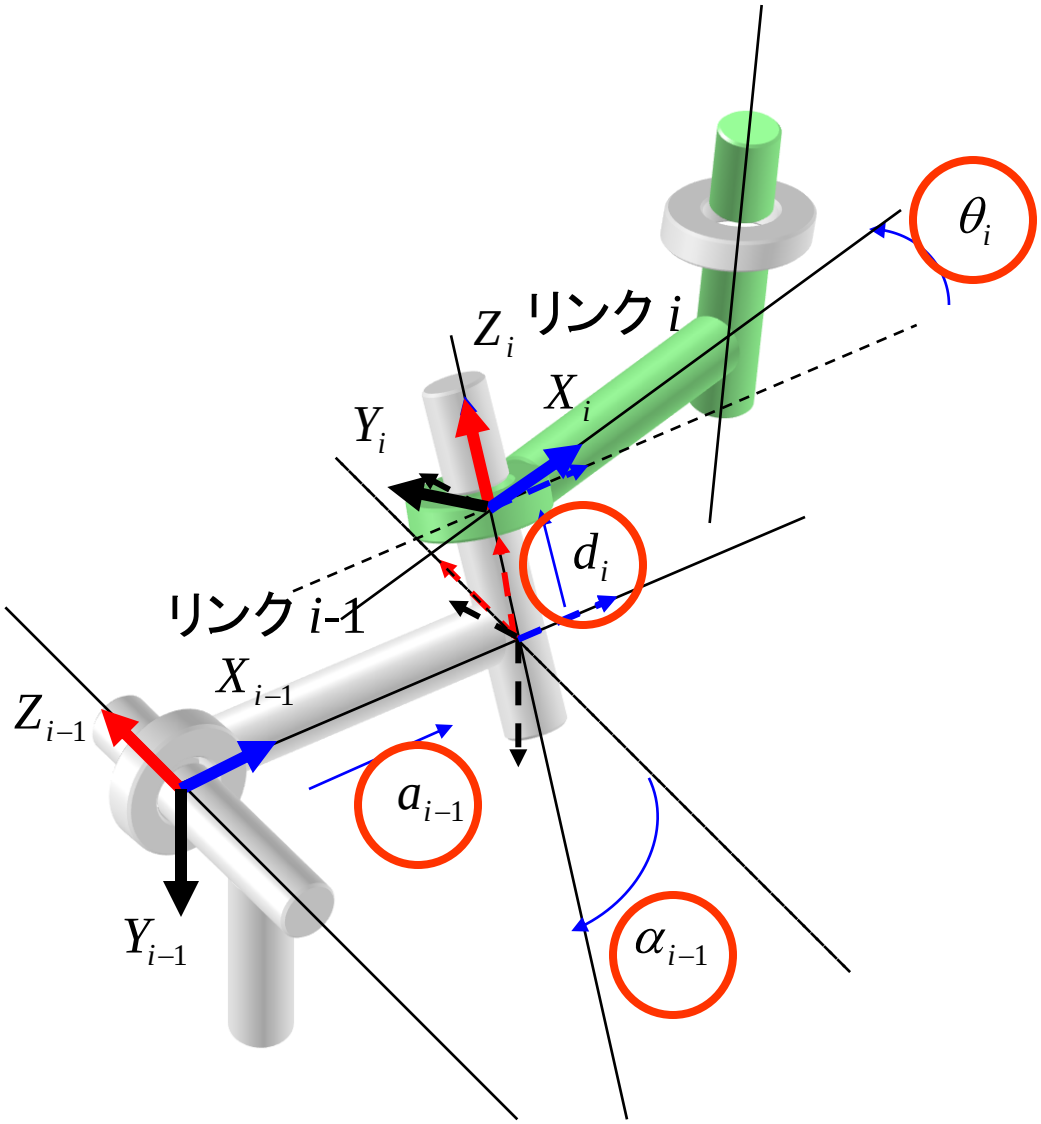
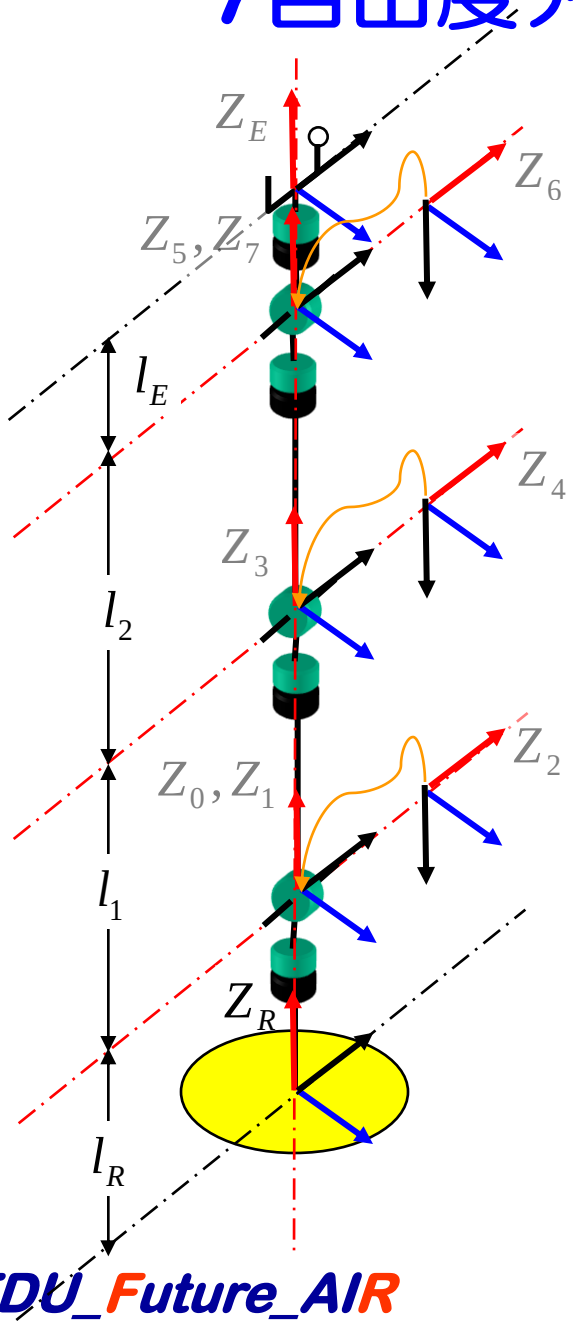


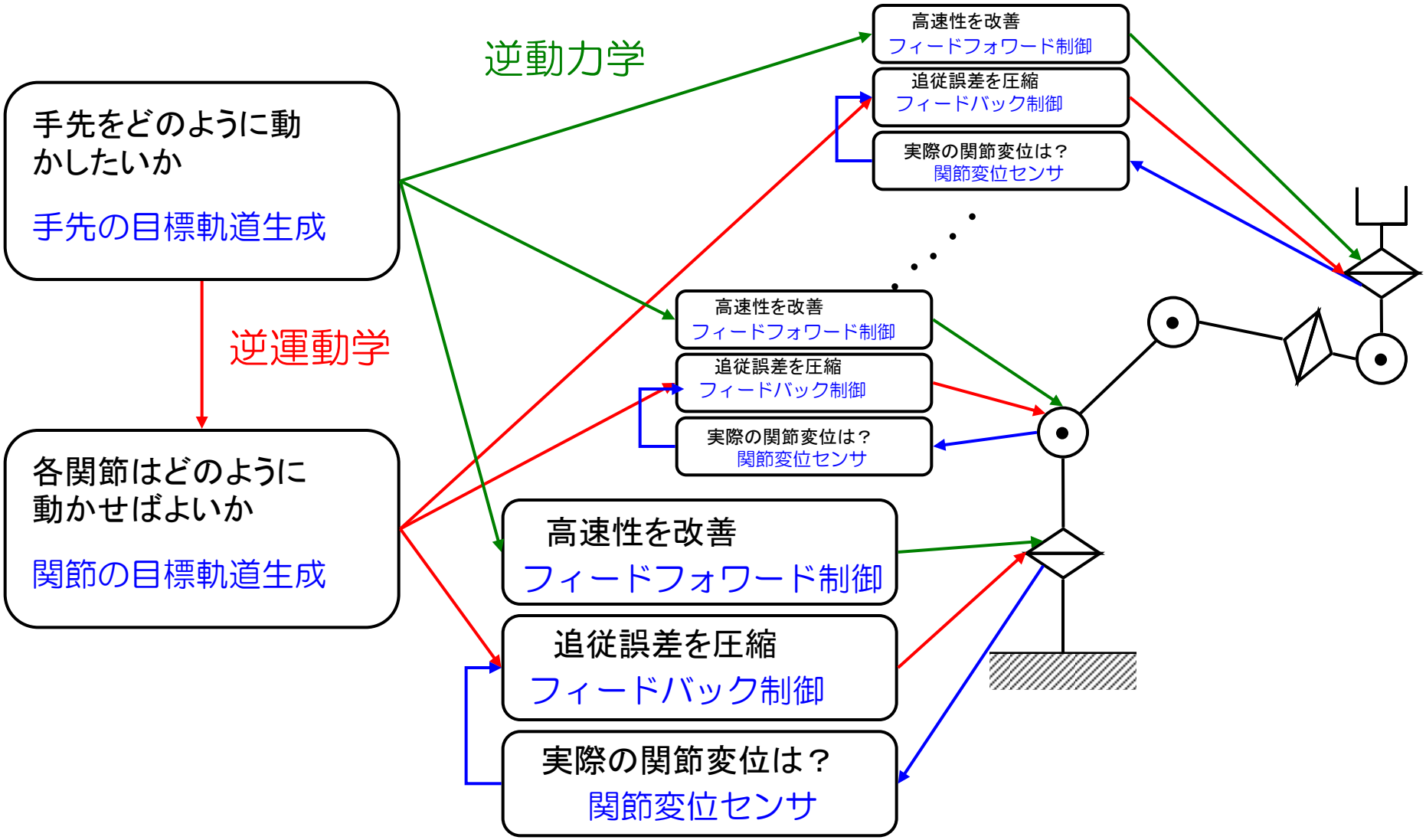
図5.1：DH記法パラメータとリンク座標系の関係

7自由度アームのDH記法による表現



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
R	0	0	l_R	0
1	0	0	0	(θ_1)
2	0	$-\pi/2$	0	(θ_2)
3	0	$\pi/2$	l_1	(θ_3)
4	0	$-\pi/2$	0	(θ_4)
5	0	$\pi/2$	l_2	(θ_5)
6	0	$-\pi/2$	0	(θ_6)
7	0	$\pi/2$	0	(θ_7)
E	0	0	l_E	0

制御系はどのように構成されるのか



一輪車操作熟達支援　研究背景

人間の操作を必要とする機械が多く存在する.

一輪車操作は, 特に困難である.

○初心者は乗車時間が短いため,
　連続した練習ができない
○地面と一点で接しているため,
　他の機械操作に比べより不安定

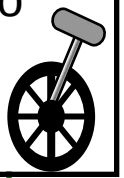
一輪車操作の熟達を支援する制御システムの研究開発を行っている.

一輪車シミュレータの全体構成

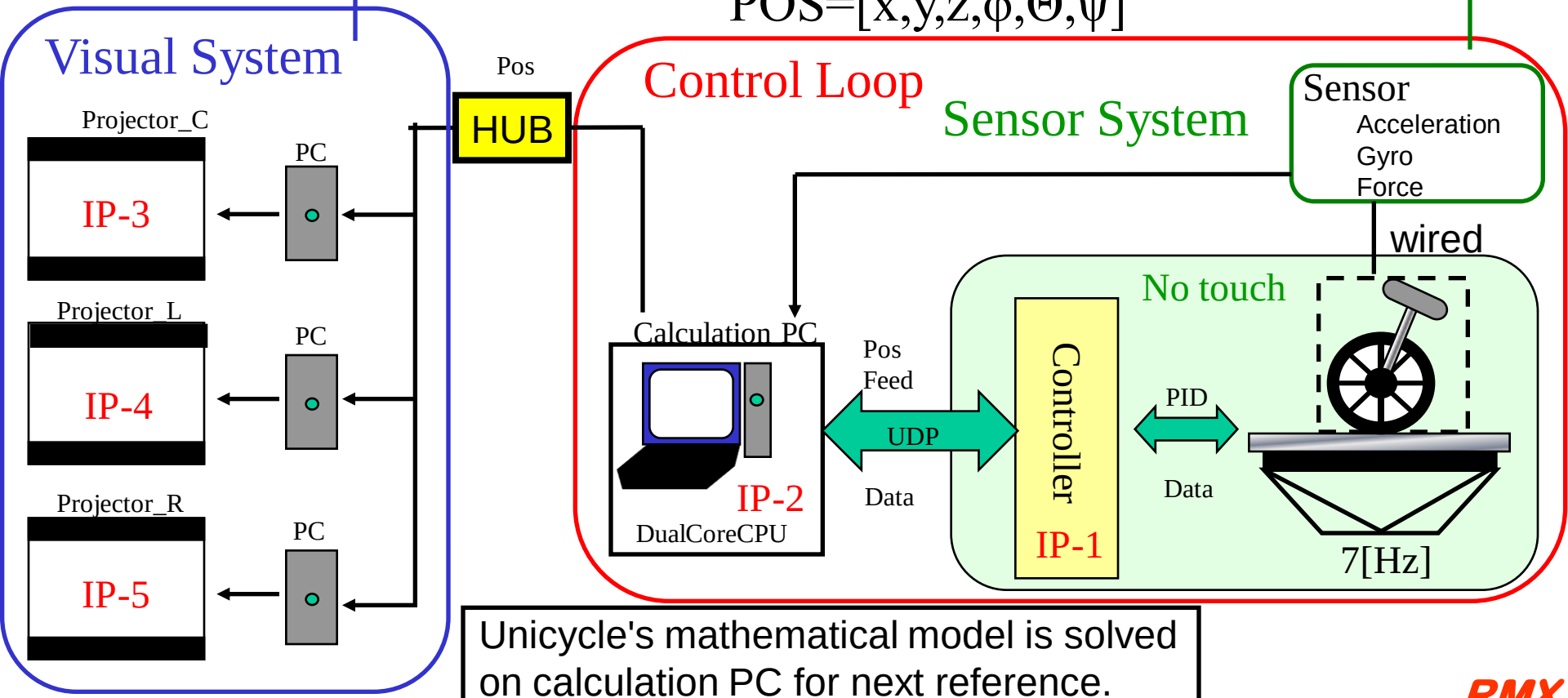
System of Unicycle's Simulator

View information is expressed with three projectors using DirectX.

We measure real unicycle operation. From power, acceleration and gyro sensor, we build a real time measurement system.



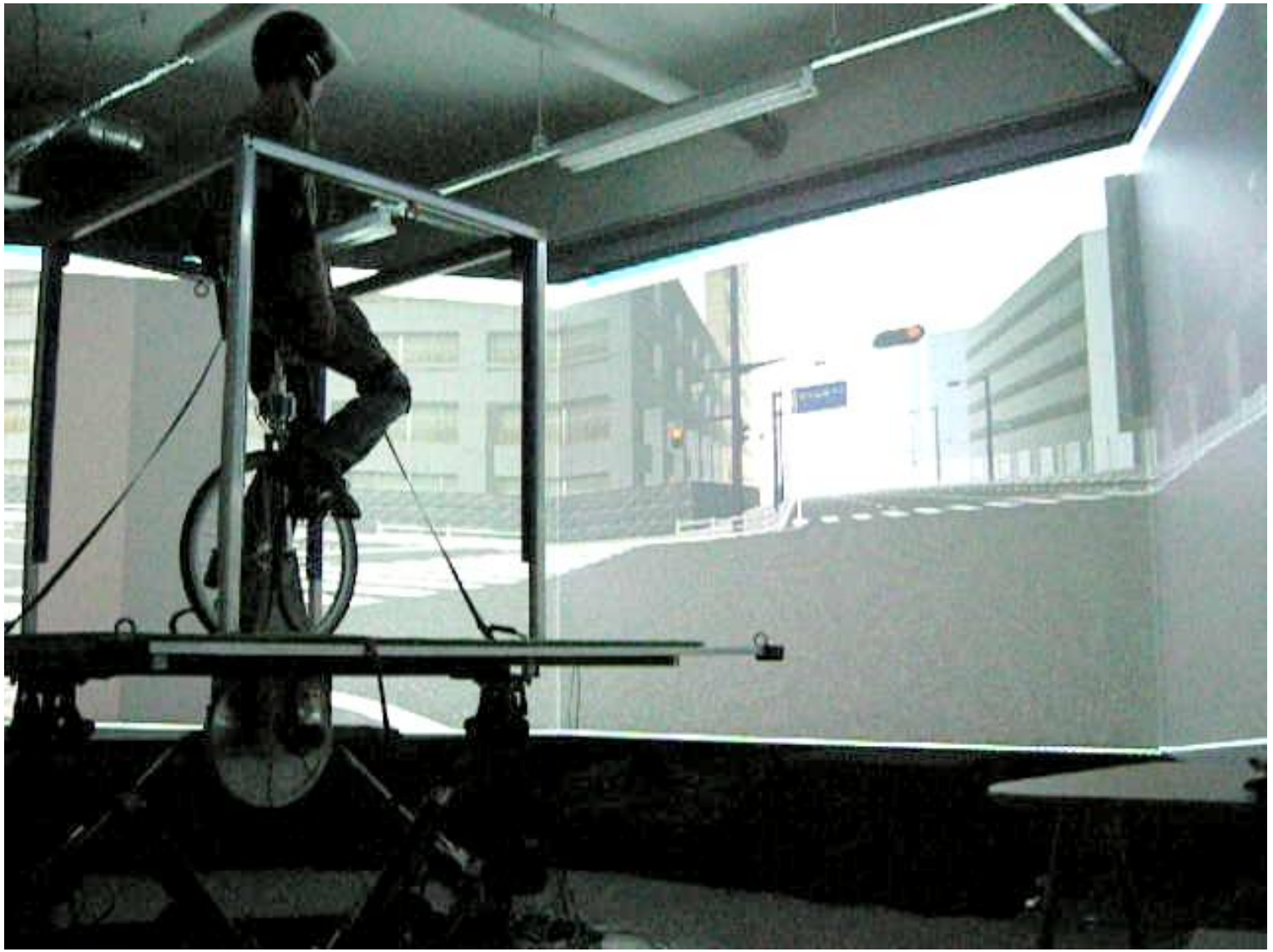
$POS=[x,y,z,\varphi,\Theta,\psi]$



Unicycle's mathematical model is solved on calculation PC for next reference.

一輪車シミュレータ： 人間乗車風景

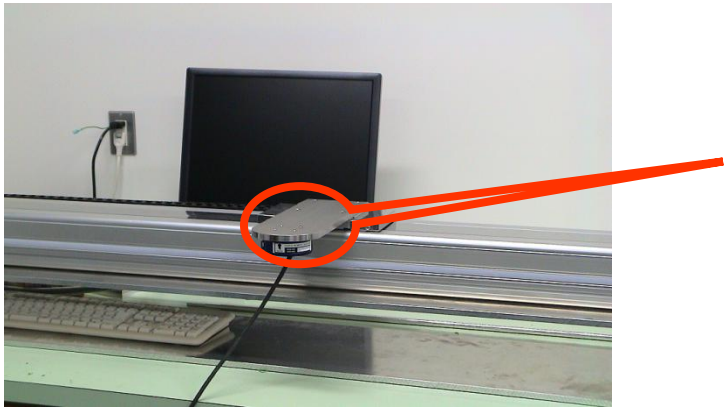
一輪車シミュレータ：　動作風景



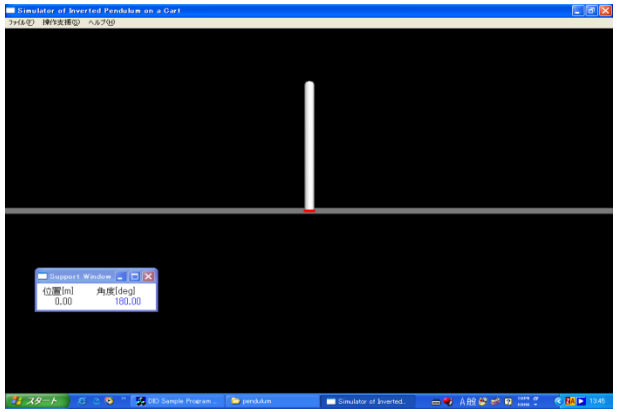
一輪車シミュレータ： 3DCG仮想空間風景

振子の安定化操作による熟達解析

力信号を用いて直接振子を操作



力センサ



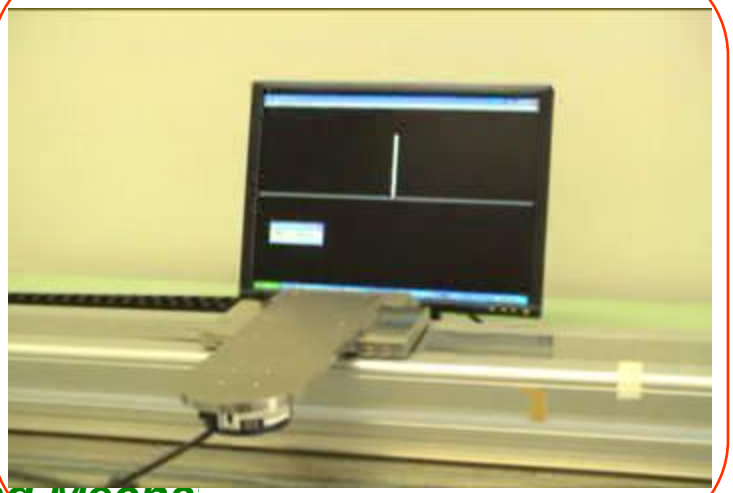
力センサを用いた入力装置

シミュレータ画面

Model-following制御を用いて振子の反力をフォースフィードバック

現実のものを操作してるような感覚を与える

操作実験を通じて人間の習熟過程を解析



「考える」って何？

考えるとは、
基本知識に基づき知識を構造化して整理すること

- 最低限の知識と忍耐が必要
- ふと生じる様々な疑問を大切にする
- 基本知識（原理・法則）に基づく
- 自らの思考で解決する意欲と力を養う
- 疑問は、各人の経験に基づく個人的なもの
- 時間を掛けて考え、心から納得する喜びを味わう
- 決して、無理に判ったことにしたり妥協したりしない

質問、何でもきいてください。

1. 確かな土台（基礎力）をベースに，高度な専門力を身につけたい人
2. 数学，理科が好きで将来国際的に通用する研究者・技術者を目指したい人